

지상망과 위성망간의 특성 차이를 고려한 프로토콜 변환 방식에 관한 연구

이병일^o 원유현 송하윤 서학금
홍익대학교 컴퓨터공학과,

{bottleone^o, won, song}@cs.hongik.ac.kr, hkseo@add.re.kr

A Protocol Conversion Mechanism between Terrestrial and Satellite Communication Links

Byung Il Lee^o, Yu Hun Won, Ha Yoon Song, Hak Keum Seo
College of Information and Computer Engineering, Hongik University,
Agency for Defense Development

요 약

본 연구는 정지궤도 위성 환경에서 지상망과 위성망 간의 특성 차이로 인해 필수적으로 행해져야 하는 프로토콜의 변환에 대한 연구이다. 정지궤도 위성 환경은 높은 에러율과 큰 지연시간을 가진다. 또한 기존 지상망과 위성망 간의 높은 전송 지연 차이에 따른 버퍼 혼잡으로 인한 데이터의 손실을 피할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 상이한 링크가 혼재된 데이터 네트워크에서 각 링크를 특성에 따라 분할하여 구간별로 독립적인 데이터 전송 및 재전송을 수행하도록 하여 전체적인 데이터 전송 처리량을 향상시키는 Spoofing 기술 및 기존 TCP 프로토콜을 대신하여 위성 프로토콜인 STP(Satellite Transport Protocol)를 적용한 PEP (Performance Enhancing Proxy) 분할 연결을 연구하였다.

1. 서 론

최근 컴퓨터 시스템의 급속한 발달과 소형 휴대용 컴퓨터의 보편화가 가속화됨에 따라 인프라 네트워크가 구성되지 않는 지역에서도 자유로이 이용할 수 있는 데이터 전송 기술이 요구되고 있다. 현재 우리가 사용하는 TCP[1] 프로토콜은 계속 개선되어 다양한 네트워크 환경에 적합하지만 위성 링크에서는 높은 전송 지연, 높은 링크 에러, 대역폭의 비대칭성[2] 등의 물리적 특성에 의해 TCP의 성능은 제한적이다. 위성 링크에서 T/TCP[3], ICW(Initial Congestion Window)의 증가[4], DAASS(Delayed ACK After Slow Start)[5], ECN(Explicit Congestion Notification)[6] 등의 TCP 성능 강화도 제한적이다. 최근 기존 TCP 및 UDP의 단점을 극복하도록 설계되어 차세대 전송 계층 프로토콜로 주목받는 SCTP(Stream Control Transmission Protocol)[7] 또한 범용 프로토콜로서 그 적용 범위를 위성망에까지 확대하고 있다. 또한 STP(Satellite Transport Protocol)[8] 등과 같은 위성 링크에 적합한 프로토콜이 제안되고 있다. 뿐만 아니라 최근 들어 지상망과 위성망 또는 무선망처럼 서로 상이한 링크가 병합된 네트워크에서 각 링크의 특성에 따라 네트워크를 분할하여 데이터 전송을 수행하는 방법이 연구되었다. 이러한 분할 연결은 Spoofing[9] 및 PEP(Performance Enhancing Proxy)[9]를 적용하여 재전송 및 구간별로 독립적인 데이터 전송을 수행함으로써 손실된 데이터의 빠른 복구가 가능하도록 한다. 본 논문에서는 위성 링크는 위성 프로토콜 STP를 사용하는 Spoofing 기술을 적용한 PEP 분할 연결 게이트웨이를 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 TCP의 특성 및 정지궤도 위성 환경에서의 문제점과 STP(Satellite Transport Protocol)와 PEP 분

할 연결에 대해 간략히 알아본다. 3절에서는 지상망과 위성망이 병합된 네트워크에서 링크를 분할하여 구간별로 독립적인 데이터 전송 및 재전송을 수행하여 전체 데이터 전송량을 향상시키는 Spoofing 기술 및 위성 프로토콜 STP를 적용한 PEP 분할 연결 게이트웨이를 설계한다. 마지막으로 4절에서 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

2. 배경 연구

이 절에서는 TCP의 특성 및 정지궤도 위성 환경에서의 문제점과 위성망에 적용될 프로토콜인 STP(Satellite Transport Protocol)와 PEP 분할 연결에 대해 알아본다.

2.1 TCP의 특성 및 정지궤도 위성 환경에서의 문제점

TCP는 Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmission, Fast Recovery의 4가지 혼잡 제어 알고리즘을 통해 ACK 응답에 대해 Congestion Window의 크기를 조절하여 데이터를 전송한다. 또한 다중 패킷의 손실을 대처하기 위해 Selective Acknowledge 옵션을 적용하고 있다. 그러나 이러한 혼잡 제어 알고리즘이 적용된 TCP는 위성링크의 높은 전송 지연과 대역폭을 비대칭성, 높은 전송 에러에 의해 성능이 저하된다.

첫째, 위성링크의 큰 전송 지연은 Slow Start 및 Congestion Avoidance의 TCP 혼잡 제어 단계에서 빠른 데이터 전송을 증가를 막는다. 500ms의 RTT/1.5Mbps의 대역폭을 갖는 정지궤도(GEO) 위성의 경우 MAN(Metropolitan Area Network)과 비교하여 약 560배의 Slow Start 시간과 25배의 전송 지연을 갖는다.

둘째, 위성 채널의 비대칭성에 의한 과도한 데이터의

전송은 역방향 위성링크의 ACK 혼잡을 초래한다. 위성 링크의 혼잡을 피하고 전송 호스트에서 ACK 응답에 대한 수신 대기 시간이 없이 데이터를 전송하기 위한 혼잡 원도우 크기는 최소한 위성 링크의 RTT와 순방향 대역폭의 곱으로 설정해야 한다. 이때 역방향 위성 링크의 대역폭은 식 (1)을 만족해야 한다.

$$B_r \geq \frac{B_f T_f S_{ACK}}{T_r S_{Packet}} \quad (1)$$

B_f : 위성링크순방향대역폭
 B_r : 위성링크역방향대역폭
 T_f : 위성링크순방향전송지연
 T_r : 위성링크역방향전송지연
 S_{ACK} : ACK패킷크기
 S_{Packet} : 데이터패킷크기

셋째, 위성 링크는 지상 유선망 및 광케이블망에 비해 전송 환경이 열악하다. 위성 링크는 다른 링크에 비교하여 긴 전송 거리로부터 야기되는 경로 감쇄, 우천 등의 기상 악화로부터 야기되는 강우 감쇄 등을 지니기 때문에 아무리 좋은 오류 정정 알고리즘을 사용할지라도 전송 어려움이 상대적으로 높다. 결과적으로 위성 링크에서 기존 TCP 프로토콜은 에러 발생을 혼잡으로 간주하며 수신호스트의 Duplicated ACK의 발생은 전송 호스트의 전송을 감소를 가져온다..

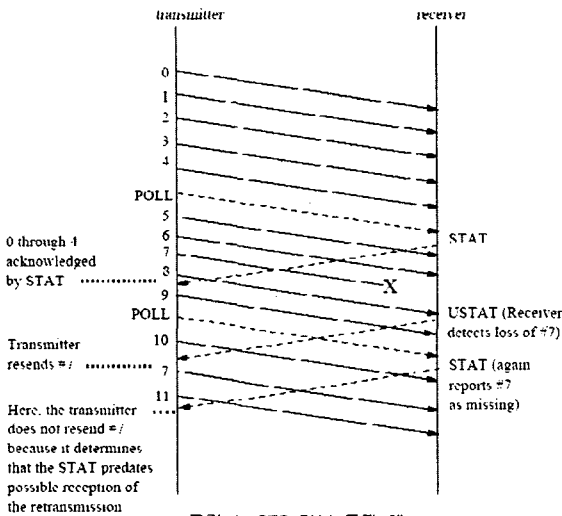


그림 1. STP 기본 동작 예

2.2 STP (Satellite Transport Protocol)

STP는 위성 채널 환경에서 TCP와 비교했을 때 TCP가 지닐 수 있는 다음과 같은 문제점을 보완하는 특징을 지니고 있다.

첫째, 역채널 사용(Reverse channel usage)에 있어 STP는 TCP보다 단일방향으로 전송하는 데이터의 즉, 역채널 대역폭을 평균 20% 적게 사용한다.

둘째, STP는 선택적인 부정 확인응답(selective

negative acknowledgements)과 확실한 데이터 확인 시스템(robust data acknowledgment system)을 사용하여 10^{-5} 이하의 비트 에러율에서도 동작을 보장한다..

셋째, STP의 경우 TCP와 달리 RTT(Round Trip Time) 변화에 따른 영향을 덜 받는다. 위성 환경에서 TCP는 역방향 채널에서의 ACK 집중 현상으로 인해 큰 RTT의 변화를 가져온다. 반면에 STP는 상대적으로 역방향 채널을 적게 사용함으로써 RTT의 변화가 적다. 따라서 RTT 변화에 따른 전송률 감소를 덜 민감하다.

그림 1은 STP의 기본 동작을 나타낸다.[9]

2.3 PEP 분할 연결

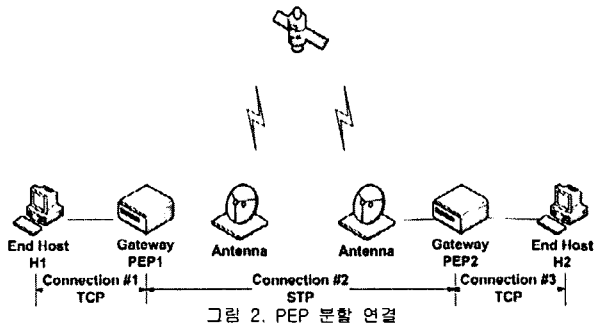


그림 2. PEP 분할 연결

PEP(Performance Enhancing Proxy)는 그림 2와 같이 위성 링크를 통한 송/수신 호스트간의 연결을 지상 링크와 위성 링크로 분할하여 데이터를 전송하는 게이트웨이 역할을 수행한다. 송신 호스트 H1은 TCP의 혼잡 제어 알고리즘에 따라 데이터를 PEP1로 전송한다. 데이터를 수신한 PEP1은 수신 호스트 H2를 대신하여 ACK를 송신 호스트 H1에 전송한다. PEP1에 수신된 데이터는 STP 혼잡 제어 알고리즘에 따라 위성 링크를 통해 PEP2로 전송이 된다. PEP2에 수신된 데이터는 TCP 혼잡 제어 알고리즘에 따라 수신 호스트 H2에 전송된다. 데이터를 수신한 H2는 ACK를 PEP2에 전송한다. PEP1, PEP2는 수신된 ACK의 정보에 따라 버퍼에 저장된 데이터의 소멸 또는 손실된 데이터 재전송을 수행한다.

3. Spoofing 기술 및 STP를 적용한 PEP 분할 연결 게이트웨이 설계

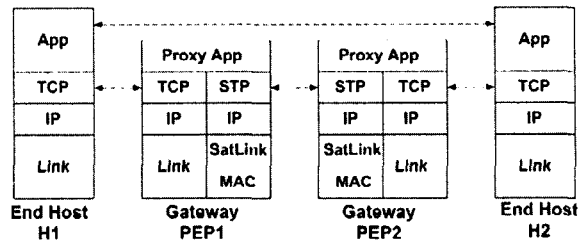


그림 3. 프로토콜 스택

위성 링크를 포함하는 네트워크에서 기존 TCP 사용으로부터 오는 비효율적인 성능을 향상시키기 위해 위성

링크에 STP를 대신 적용하고 네트워크 구조적인 면에서 Spoofing 기술을 적용한 PEP 분할 연결을 설계하였다. 그림 3과 같이 STP는 전송 계층인 TCP를 대신한다. PEP는 지상망에서 수신한 TCP 패킷을 STP 패킷으로 변환하여 위성망을 통해 전송한다. 반대로 위성망에서 수신한 STP 패킷을 TCP 패킷으로 변환하여 지상망을 통해 전송한다. PEP는 End Host처럼 실제 송수신 호스트로 ACK를 송수신한다.

그림 4와 같이 제안한 PEP는 크게 2부분으로 TCP 처리부와 STP 처리부로 나뉘어 진다. TCP 처리부는 데이터 송/수신기, 흐름 제어기, 버퍼 관리자, ACK 발생기, 지연 응답기, 입/출력 버퍼로 구성된다. STP 처리부는 데이터 송/수신기, 흐름 제어기, 버퍼 관리자, 입/출력 버퍼로 구성된다. 그리고 프로토콜 변환을 위한 프로토콜 변환기가 있다.

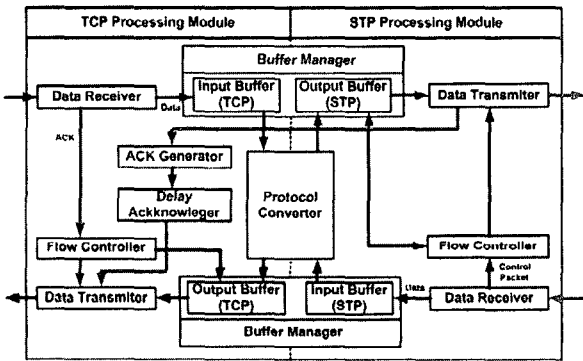


그림 4. PEP 분할 연결 모델

먼저 TCP 처리부의 데이터 수신기는 수신된 TCP 패킷을 데이터 패킷과 ACK 패킷으로 구분하여 처리한다. ACK 패킷이 수신되었을 경우 TCP 처리부의 출력 버퍼에 저장된 해당 데이터 패킷을 삭제하고 ACK의 정보를 TCP 처리부의 흐름 제어기에 전송한다. 데이터 패킷이 수신되었을 경우 버퍼 관리자의 버퍼 상태에 따라 처리된다.

버퍼 관리자는 입/출력 버퍼의 상태를 항상 감시하며 입출력 발생시 버퍼의 상태 정보를 데이터 수신기에 알려준다. 또한 흐름 제어기에서 산출한 혼잡 윈도우 크기 만큼 프로토콜 변환기를 통해 데이터 패킷을 출력 버퍼에 전송한다.

흐름 제어기는 데이터 수신기로부터 전송된 ACK 메시지를 분석하여 TCP 흐름 제어 알고리즘을 수행하고 버퍼 관리자로 하여금 TCP 입력 버퍼에서 STP 출력 버퍼로 전송하게 한다. STP 처리부의 데이터 송신기는 STP 출력 버퍼의 데이터를 위성망을 통해 전송시키며 전송된 데이터 패킷의 정보를 ACK 발생기에 전송한다.

ACK 발생기는 데이터 송신기로부터 받은 패킷 정보를 토대로 ACK 메시지를 발생시켜 지연 응답기에 보낸다. 지연 응답기는 수신된 ACK 메시지를 지연시켜 TCP 처리부의 데이터 수신기로 보낸다.

위성망을 통해 수신된 패킷은 STP 처리부의 데이터 수신기를 통해 데이터 패킷과 제어 패킷으로 구분되어 처

리된다. 제어 패킷이 수신되었을 경우 STP 패킷의 흐름 제어 알고리즘에 따라 STP 처리부의 출력 버퍼에 저장된 해당 데이터 패킷을 삭제하거나, 데이터를 재전송하는 등의 동작을 수행한다. 데이터 패킷이 수신되면 버퍼 관리자의 버퍼 상태에 따라 처리된다.

버퍼 관리자는 TCP 처리부의 버퍼 관리자와 유사한 동작을 한다. TCP 처리부의 데이터 송신기는 출력 버퍼의 데이터를 지상망으로 전송한다. 흐름 제어기 또한 TCP 처리부의 흐름 제어기와 동일한 동작을 한다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 높은 전송 지연, 높은 링크 에러, 대역폭의 비대칭성 등의 특성을 갖는 위성망에서 데이터 전송률을 높이고자 위성 프로토콜인 STP, Spoofing 기술을 적용한 PEP 분할 연결을 제안하였다. 제안된 모델은 위성망에서의 성능을 향상시키기 위해 네트워크 구조적인 면에서의 Spoofing 기술의 PEP 분할 연결과 프로토콜 메커니즘 면에서 새로운 위성 프로토콜인 STP를 적용하였다. 향후 PEP의 버퍼 관리 알고리즘을 통한 지연 응답 모델의 설계, 다른 위성망 및 멀티캐스트 프로토콜로의 확장, 트래픽 특성에 따른 PEP 분할 연결을 위한 연구가 계속 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] J. Postel, "Transmission Control Protocol - protocol specification", informational, Internet RFC 793, Sep 1981.
- [2] T. V. Lakshman, U. Madhow, "The Performance of TCP/IP for Networks with High Bandwidth-Delay Product and Random Loss", IEEE/ACM Transaction on networking, vol 5, Jun 1997.
- [3] R. Braden, "T/TCP TCP Extensions for Transactions Functional Specification", RFC 1644, Jul 1994.
- [4] M. Allman, S. Floyd, C. Partridge, "Increasing TCP's Initial Window", RFC 2414, Sep 1998.
- [5] M. Allman, "On the Generation and use of TCP Acknowledgements", ACM Computer Communications Review, vol 28, Oct 1998.
- [6] S. Floyd, "TCP and Explicit Congestion Notification", ACM Computer Communications Review, vol 24, Oct 1994.
- [7] R. Stewart and Q. Xie et. al., "Stream control transmission protocol", IETF RFC 2960, Oct 2000.
- [8] T. Henderson and R. Katz, "Satellite Transport Protocol (STP) : An SSCOP-based Transport Protocol for Datagram Satellite Networks", Second Workshop on Satellite-based Information Systems, (WOSBIS-97), Budapest, Hungary, Oct 1997.
- [9] J. Border, M. Kojo, J. Griner, G. Montenegro, Z. Shelby, "Performance Enhancing Proxies Intended to Mitigate Link-Related Degradations", RFC 3135, Jun 2001